

УДК 621.74:669.13

ПОВЫШЕНИЕ ИЗНОСОСТОЙКОСТИ ХРОМИСТЫХ ЧУГУНОВ

Барановский К.Э., Урбанович Н.И., Проворова И.Б., Басалай И.А. (Белорусский национальный технический университет, г. Минск, Беларусь)

В статье рассмотрены вопросы повышения износостойкости хромистых чугунов за счет применения заэвтектических чугунов. Приведены микроструктуры чугунов с различным содержанием карбидов.

Введение

Износостойкие хромистые чугуны (ИЧХ) являются одним из наиболее распространенных износостойких материалов, который широко применяется в машиностроении, горно-перерабатывающей промышленности, строительной отрасли. Из этого материала изготавливаются облицовки шаровых и центробежных мельниц, улитки насосов для перекачки шламов и пульпы, рабочие органы и элементы защиты дробебетонных аппаратов. ИЧХ содержат более 12 % хрома, а также легирующие элементы Ni, Mo, V, Mn, количество которых составляет суммарно 3-4 %. Хромистые чугуны обладают уникальным комплексом свойств: высокой стойкостью в условиях абразивного износа, технологичностью изготовления деталей (литьем), высокими механическими свойствами (прочность, твердость).

Основная часть

Ресурс работы деталей из износостойких хромистых чугунов определяется их структурой, твердостью и в значительной степени количеством, размером и морфологией специальных карбидов. Известно, что износостойкость этих сплавов увеличивается с повышением содержания углерода (количества карбидов) [1], но при этом снижается их ударная вязкость (склонность к разрушению под действием ударных нагрузок). Проблема сохранения удовлетворительной ударной вязкости хромистых чугунов в 80-е годы решалась путем использования сплавов с пониженным содержанием углерода 2,2-3 %. К таким сплавам относятся хромистые чугуны: ИЧХ28Н2, ИЧХ16МЗ, ИЧХ18.

Количество карбидов (К) в хромистых чугунах определяется по формуле [2]:

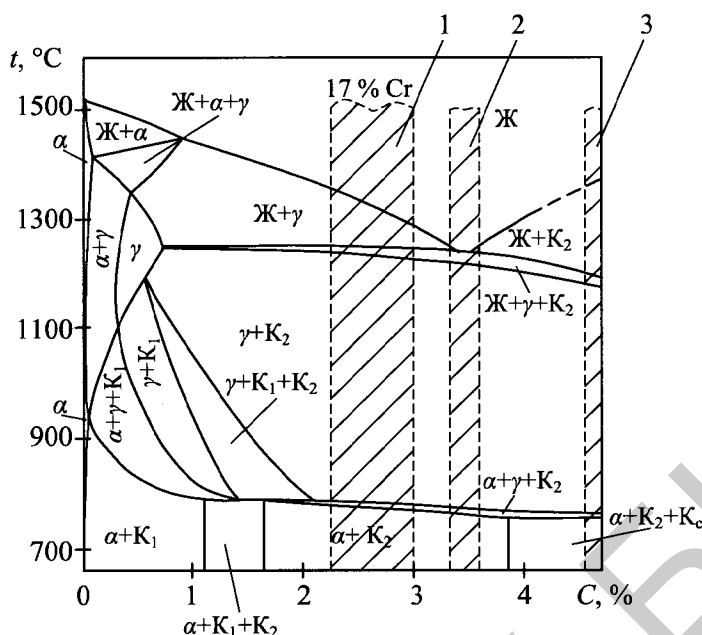
$$K=12,33 (C) + 0,55 (Cr) - 15,2 ,$$

где C – содержание углерода, мас. %;

Cr – содержание хрома, мас. %.

В структуре чугунов данных марок содержится 25-30 % карбидов. Такие чугуны относятся к доэвтектическим. На рисунке 1 показан политектический разрез диаграммы Fe-C-Cr при 17 % Cr и выделены области доэвтектических, эвтектических и заэвтектических чугунов, отличающихся различным количеством углерода [3].

Современная промышленность требует использования новых материалов с повышенными эксплуатационными свойствами, обеспечивающими надежность и долговечность работы оборудования без замены деталей. Эта задача решается ведущими фирмами США, Европы и Китая за счет применения хромистых чугунов с повышенным содержанием углерода. В таблице приведен химический состав чугунов некоторых зарубежных производителей.



1 – область доэвтектических чугунов; 2 – область эвтектических чугунов;
3 – область заэвтектических чугунов

Рисунок 1 – Политермический разрез диаграммы Fe-C-Cr при 17 % Cr

Таблица – Химический состав износостойких чугунов

Страна	Содержание легирующих элементов, %						
	C	Cr	Ni	Mo	Mn	V	W
Чехия	3,5	17,4	0,5	1,25	0,55	0,1	0,45
Китай	3,45	26,0	3,5	2,1	0,65	0,4	—
Финляндия	3,4	22,0	0,36	—	0,5	0,05	—
Италия	3,4	26,0	0,3	0,2	0,6	0,2	0,63

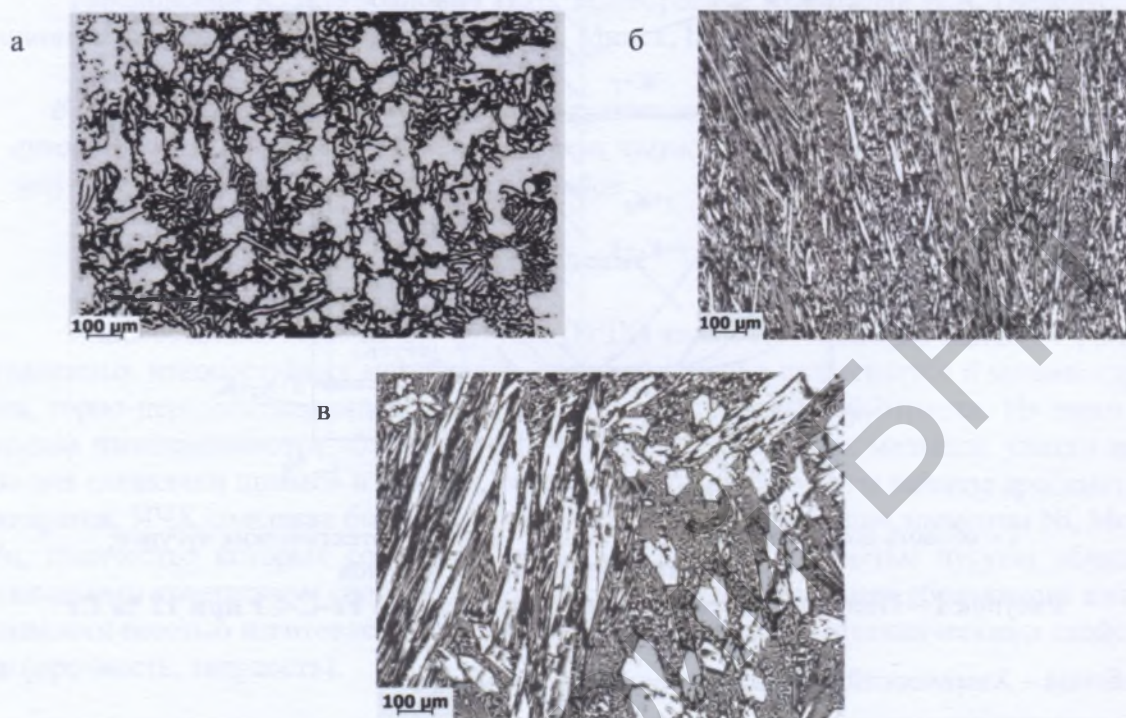
Как видно из таблицы указанные износостойкие хромистые чугуны содержат больше углерода и за счет этого имеют в 1,5-3 раза более высокую износостойкость, чем ИЧХ, используемые в СНГ. Зарубежные ИЧХ относятся к эвтектическим чугунам и содержат 35-40 % карбидов. Кроме повышенного содержания углерода, современные износостойкие чугуны с целью измельчения карбидов модифицируются и проходят термообработку, что также увеличивает износостойкость.

На рисунке 2 показаны структуры хромистого чугуна с 18 % Cr с различным содержанием углерода: доэвтектического, эвтектического и заэвтектического составов.

Доэвтектические чугуны в своей структуре кроме меньшего количества карбидов имеют значительные области первичного аустенита, не содержащие карбидов, что снижает износостойкость. Эвтектические чугуны содержат равномерно расположенные в матрице карбиды. В заэвтектических чугунах при 4,4-4,6 % C количество карбидов увеличивается до 50-52 %. Повышение содержания углерода выше эвтектического приводит к резкому снижению как ударной вязкости, так и износостойкости за счет выделения более крупных (в 5-10 раз) заэвтектических карбидов [1].

Современные марки ИЧХ исчерпали ресурс увеличения износостойкости, так как он ограничивается, в основном, содержанием в них карбидов. Использование заэвтектических чугунов, изготовленных по обычной технологии и содержащих 50-52 % специальных карбидов, приводит к резкому снижению износостойкости и механиче-

ских свойств, что связано с наличием в структуре первичных карбидов размером свыше 50 мкм. Для сравнения эвтектические карбиды при литье в земляные формы мелких и средних отливок из ИХЧ имеют размер 5-20 мкм.



а – доэвтектический чугун; б – эвтектический чугун; в – заэвтектический чугун
Рисунок 2 – Структуры износостойкого хромистого чугуна с 18 % хрома, $\times 100$

Значительно повысить ресурс работы деталей из ИХЧ можно за счет использования методов, позволяющих измельчить первичные карбиды в заэвтектических чугунах до размеров, сопоставимых с эвтектическими карбидами. Это позволит существенно увеличить ресурс работы деталей.

Для использования заэвтектических чугунов необходимо решить следующие задачи:

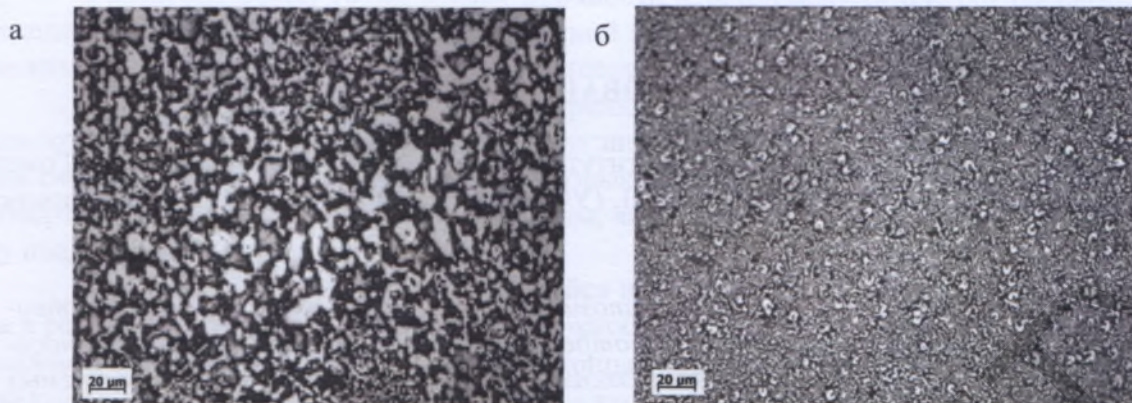
- применить комплекс легирующих элементов, позволяющих получить размер заэвтектических карбидов, сопоставимый с эвтектическими;
- изучить роль скорости затвердевания на размер карбидов;
- ликвидировать транскристаллизацию (направленный рост кристаллов) с целью повышения ударной вязкости за счет применения эффективных модификаторов.

Значительная часть деталей из ИХЧ работает в условиях небольших ударных нагрузок, именно для таких условий возможно использование заэвтектических чугунов.

В Белорусском национальном техническом университете проводятся работы по разработке составов заэвтектических хромистых чугунов и технологии их получения. На рисунке 3 показана структура износостойкого чугуна ИЧХ28Н2 твердостью 55 HRC (наиболее распространенного в Республике Беларусь), содержащего 30-32 % карбидов, и структура разработанного заэвтектического чугуна с 50-52 % карбидов.

Как видно из рисунка, микроструктура разработанного заэвтектического чугуна характеризуется наличием большего количества мелких первичных и разветвленных эвтектических карбидов по сравнению с чугуном марки ИЧХ28Н2.

Сплав может подвергаться термообработке для повышения твердости до 68 HRC и его можно рекомендовать для деталей, работающих в условиях абразивного износа.



а – износостойкий чугун ИЧХ28Н2, содержащий 30-32 % карбидов;
б – заэвтекктический экспериментальный чугун, содержащий 50-52 % карбидов

Рисунок 3 – Структуры износостойких чугунов, $\times 500$

Из заэвтекктического чугуна были изготовлены экспериментальные образцы отбойных плит центробежных мельниц для размола кварцевого песка. Испытания показали увеличение ресурса работы по сравнению с хромистыми доэвтекктическими и эвтекктическими чугунами.

Следует отметить, что в настоящий момент продолжаются исследования по усовершенствованию составов, структуры, свойств и технологии получения заэвтекктических хромистых чугунов.

Заключение

Проведенные исследования показали возможность использования заэвтекктических чугунов, содержащих 50-52 % карбидов, обеспечивающих повышение их износостойкости, по сравнению с хромистыми доэвтекктическими и эвтекктическими чугунами, для изготовления быстроизнашиваемых деталей, а также перспективность их применения для изделий, работающих в условиях абразивного износа.

Список использованных источников

1. Цыпин, И.И. Белые износостойкие чугуны / И.И. Цыпин. – М.: Металлургия, 1983. – 176 с.
2. Справочник по чугунному литью / Под ред. Н.Г. Гиршовича. – Л.: Машиностроение, 1978. – 758 с.
3. Бернштейн, М.Л. Металловедение и термическая обработка стали: справочник Т.1 / М.Л. Бернштейн, А.Г. Рахштадт. – М.: Металлургиздат, 1961. – 747 с.

Baranovskiy K.E., Urbanovich N.I., Provorova I.B., Basalai I.A.

Improvement of wear resistance of chromic cast irons

Questions of improving the wear resistance of chromium cast irons by application of hypereutectic cast irons are considered in the article. Microstructures of cast irons with different amount of carbides are given.

Поступила в редакцию 03.03.2014 г.